

EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonna instituut

Freddy Rohtla

**LIIKIDE JA HÜBRIIDIDE ERISTAMINE EESTI
KONNAKOTKAPOPULATSIOONIS SULGEDE
MORFOLOOGIA PÕHJAL**

**IDENTIFICATION OF SPECIES AND HYBRIDS IN THE
ESTONIAN SPOTTED EAGLE POPULATION BY FEATHER
MORPHOLOGY**

Bakalaureusetöö

Vee –ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia õppekava

Juhendaja: Ülo Väli PhD

Tartu 2018

| | | | |
|---|--------------|---|------------|
| Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014 | | Bakalaureusetöö lühikokkuvõte | |
| Autor: Freddy Rohtla | | Õppekava: Vee –ja maismaa ökosüsteemide rakendusbioloogia | |
| Pealkiri: Liikide ja hübriidide eristamine Eesti konnakotkapopulatsioonis sulgede morfoloogia põhjal | | | |
| Lehekülg: 38 | Jooniseid: 9 | Tabeleid: 2 | Lisasid: 3 |
| Osakond: Põllumajandus- ja keskkonnainstituut Uurimisvaldkond: B320 Süstemaatiline botaanika, zooloogia, zoogeograafia ja ETIS valdkond 1.4 Ökoloogia, biosüstemaatika ja -füsioloogia Juhendaja: Ülo Väli Kaitsmiskoht ja –aasta: Tartu, 2018 | | | |
| Töö tausta kirjeldus: Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk oli leida meetodeid, kuidas eristada kahte konnakotkaliiki ja nende hübriide üksteisest, uurides nende sulgede morfoloogiat. Töös kasutatud suled pärinevad aastatest 1999-2017. Suled mõõdeti ning määrati suletüübini. Järgnevalt leiti seitse morfoloogilist tunnust, mille abil prooviti eristada konnakotka liike ja nende vahelisi hübriide. Töö tulemused: Enamik tunnustest olid potentsiaalselt kasutatavad kahe liigi ja nende hübriidide eristamisel, kuid kõik tunnused polnud sarnase potentsiaaliga. Parimat tulemust näitasid arvuliste väärtustega kirjeldatud tunnused, milles ilmneseid kõige suuremad erinevused kahe liigi ja nende hübriidide vahel. Vähemal määral näitasid potentsiaali ka visuaalselt kirjeldatud tunnused. Tunnuste kinnitamiseks vajab teema edasist uurimist ja eelkõige valimi suurendamist. | | | |
| Märksõnad: Sulgede morfoloogia, konnakotkad, hübriidid | | | |

| | | | |
|--|------------|---|---------------|
| Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014 | | Abstract of Bachelor Thesis | |
| Author: Freddy Rohtla | | Speciality: Applied Biology of Aquatic and Terrestrial Ecosystems | |
| Title: Identification of species and hybrids in the Estonian spotted eagle population by feather morphology | | | |
| Pages: 38 | Figures: 9 | Tables: 2 | Appendixes: 3 |
| Department: Field of research: B320 Systematic botany, zoology, zoogeography, ecology, biosystematics and physiology Supervisor: Ülo Väli Place and date: Tartu 2018 | | | |
| <p>The purpose of this bachelor's thesis is to find solutions to distinguish between the two spotted eagle species and their hybrids by analysing their feather morphology. The feathers used in this thesis are from 1999-2017. The feathers were firstly identified by type and measured for their length. Following that, seven morphological features were detected and used to distinguish the two spotted eagle species and their hybrids.</p> <p>Results of the thesis: Most of the morphological features had potential of being a solution to distinguish the two spotted eagle species and their hybrids, but they were not all of equal potential. The best results came from the features that were measured numerically, showing the biggest differences between the two species and their hybrids. Visually described features showed less potential to some degree. The topic needs further study and analysis to verify the findings of this thesis.</p> | | | |
| Keywords: Feather morphology, spotted eagles, hybrids, morphological features | | | |

SISUKORD

| | |
|--|----|
| SISSEJUHATUS..... | 5 |
| 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE | 6 |
| 1.1 Suur-konnakotka staatus maailmas ja Eestis | 6 |
| 1.2 Väike-konnakotka staatus maailmas ja Eestis | 7 |
| 1.3 Konnakotkaste ristumise põhjused..... | 8 |
| 1.4 Konnakotkaste ristumise tagajärjed..... | 9 |
| 1.5 Konnakotkaste eristamine morfoloogia põhjal..... | 10 |
| 1.6 Mitteinvasiivsete meetodite kasutamine linnuliikide eristamisel..... | 10 |
| 2. MATERJAL JA METOODIKA | 13 |
| 3. TULEMUSED..... | 16 |
| 4. ARUTELU..... | 25 |
| KOKKUVÕTE..... | 28 |
| KASUTATUD KIRJANDUS..... | 29 |
| SUMMARY..... | 33 |
| LISAD..... | 34 |
| Lisa 1..... | 34 |
| Lisa 2..... | 35 |
| Lisa 3..... | 36 |

SISSEJUHATUS

Tänapäeva muutuv maailmas, kus liike ohustab järjepidev elupaikade hävitamine, tuleb haruldaste liikide uurimisele ja kaitsele üha rohkem tähelepanu pöörata. Kotkad on kujunenud looduskaitse sümboliks ning nende uurimine on olnud looduskaitsebioloogia esirinnas. Käesolevas töös käsitletakse kaht Eesti kotkaliiki – suur- ja väike-konnakotkast. Mõlemad liigid on Eestis range kaitse all ning suur-konnakotkas on ohualdis kogu maailmas. Konnakotkad on välimuselt üksteisele väga sarnased, mistõttu nende eristamine on keeruline. Liikidevaheline ristumine ja hübriidide määramine on samuti aktuaalne, kuna see mõjutab tänapäeval haruldase suur-konnakotka arvukust Eestis ja mujal levilate kattuvusalal. Sellest tulenevalt sai valitud ka käesoleva lõputöö teema.

Töö kajastab konnakotkaste staatust nii Eestis kui ka maailmas, toob välja põhjused, miks konnakotkad ristuvad omavahel ja mis on ristumise tagajärjed, ning kirjeldab, kuidas konnakotkaid määratakse erinevate meetoditega. Lisaks tuuakse välja võimalusi, kuidas üldiselt linnuliike saaks eristada, kasutades linde vähe häirivaid (mitteinvasiivseid) meetodeid.

Lõputöö eesmärgiks on leida meetodeid, kuidas eristada kaht konnakotkaliiki ja nende hübriide üksteisest, uurides nende sulgede morfoloogiat.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Suur-konnakotka staatus maailmas ja Eestis

Suur-konnakotka (*Clanga clanga*) asustab tänapäeval killustatud alasid Euraasias, pesitsedes Eestis, Poolas, Valgevenes, Venemaal, Ukrainas, Kasahstanis, Mandri-Hiinas ja Mongoolias (väidetavalt ka Pakistanis ja Kirde-Indias), vähesed isendid võivad pesitseda veel Soomes ja Leedus (BirdLife International 2018a). Talvitavad või läbirändavad linnud esinevad Ida-Euroopas, Põhja- ja Ida-Aafrikas, Lähis-Idas ja Araabia poolsaarel, Indias ning Lõuna- ja Kagu-Aasias, neid on märgatud ka Hong Kongis (Hiinas) (BirdLife International 2018a).

Maailmas hinnatakse suur-konnakotka arvukust umbes 10 000 täiskasvanud isendile, millest ligi 6000 isendit (2800-3000 paari), elutseb Venemaa territooriumil (BirdLife International 2018a). Euroopa arvukus on hinnanguliselt 770-1000 paari, millest ca. 120-160 paari elutseb Valgevenes (BirdLife International 2018a). Liigi arvukus on viimastel aastakümnetel mõõdukalt langenud elupaikade kadumise ning talvitamis- ja sigimiselade kvaliteedi halvenemise tõttu, suurt rolli mängib ka vaenamine inimese poolt ja konkurents teiste kiskjatega (röövlinnud ja imetajad) (BirdLife International 2018a). Arvukus on langenud areaali läänepoolses osas ja kohati ka Aasia-poolses osas, pikaajalisi arvukuse trende on siiski raske hinnata, kuna liigi määramisel esinevad tihti probleemid (BirdLife International 2018a).

Esimene usaldusväärne arvukushinnang Eesti suur-konnakotkaste kohta saadi alles pärast spetsiaalset seireprojekti 1997. a. lõpuks (Lõhmus 1998). Selle kohaselt leidis Eestis tol ajal 20-30 suur-konnakotka pesitsusterritooriumi, seejuures võis esineda kuni 10 segapaari väike-konnakotkaga (Lõhmus 1998). See oli Euroopa Liidu mastaabis arvestatav suur-konnakotka populatsioon (Väli & Lõhmus 2000: 6). Käesoleva sajandi alguses langes Eestis pesitsevate suur-konnakotkaste paaride arv järsult. Suurim langus toimus perioodil 2004-2010, millal arvukus langes igal aastal ligi 14%; järgneva perioodi jooksul (2010-2014) arvukus stabiliseerus väga madala taseme juures (Väli 2015).

Kahanes nii samaliigiliste kui ka segapaaride arvukus, aga samaliigiliste paaride langus oli märkimisväärselt - nende osakaal oli langenud kolmandikust veerandini (Väli 2015). Uuritud territooriumitel oli toimunud muutusi konnakotkaste liigilises osakaalus – üha enam esines hübriidiseerumist kahe liigi vahel (Väli 2011).

1.2 Väike-konnakotka staatus maailmas ja Eestis

Väike-konnakotka (*Clanga pomarina*) arvukuseks Euroopas on hinnatud umbes 16 400–22 100 paari ehk 32 800–44 200 täiskasvanud isendit (BirdLife International 2018b). Euroopa alad moodustavad ligi 73% väike-konnakotka areaalist ning ülejäänud alad asuvad Lähis-Idas, Kesk-ja Lõuna-Aafrikas (kus ei pesitseta) (BirdLife International 2018b). Maailmaasurkonna arvukuseks on hinnatud umbes 44 900–60 500 täiskasvanud isendit, aga see hinnang vajab kinnitust (BirdLife International 2018b). 2014. aastal Türgi lõunaosas läbiviidud uuringul loendati 47 594 isendit (BirdLife International 2018b). Samas 2008. aastal loendati ca 58 000 isendit rändamas üle Bosporuse väina (Fülop et al. 2014).

Aegade jooksul on Eesti väike-konnakotka arvukuse kohta antud väga erinevaid hinnanguid (Väli 2003: 4). Ilmselt leidus 19. sajandi lõpul Eestis väike-konnakotkaid mõnevõrra vähem kui praegu, kuid arvukus langes märgatavalt 20. sajandi esimesel dekaadidel inimesepoolse vaenamise tõttu (Lõhmus & Väli 2001). Ehkki pärast populatsiooni taastumist möödunud sajandi keskel saabus mitmelt poolt teateid konnakotkaste arvu vähenemisest, püsis koguarvukus ilmselt suhteliselt stabiilsena; aset leidis aga ökoloogilise niši vahetumine – traditsioonilised pesitsuspaigad jäid tühjaks ja kotkad asusid pesitsema kultuurmaastiku naabrusse (Lõhmus & Väli 2001). Arvukust hinnati toona vähemalt 50 paarile, kuid see võis olla ka mitmeid kordi suurem, sest selle liigi uurimisele ei pandud tol ajal veel eriti suurt rõhku (Väli 2003: 4). 2002. a. lõpul hinnati arvukuseks umbes 500–600 paari (Väli 2003: 4). 1994–2014 püsis väike-konnakotka asurkond stabiilsena, kuigi 90ndatel oli arvukus mõnevõrra madalam kui 2000ndatel (Väli 2015). Vahemikul 2004–2006 oli kirjeldatud väikest kahanemist, aga peale 2012 aastat oli populatsioon juba suurenemas (Väli 2015). Praeguseks on väike-konnakotka asurkonna suurust täpsustatud ning seda hinnatakse umbes 600–700 paarile (Väli 2015). Eesti arvukust peetakse stabiilseks, mis on märkimisväärne, sest mitmed Euroopa asurkonnad (näiteks Saksamaal, Lätis ja Leedus) on viimastel dekaadidel kahanenud (Väli 2015). Kuigi arvukus on olnud stabiilne ja viimastel aastatel isegi tõusnud, tuleb väike-konnakotka uurimisele ja kaitsesele Eestis endiselt tähelepanu pöörata (Väli 2015).

1.3 Konnakotkaste ristumise põhjused

Lindudel on leitud kaks peamist mustrit, mis soodustavad hübriidiseerumist. Esiteks, kõige sagedamini ristuvad liigid, kelle pesitsusalad üksteisega kattuvad (Aliabadian & Nijman 2007). Teiseks, haruldased ja ohustatud linnuliigid on sagedasemad ristujad kui teised linnuliigid (Hubbs'i printsiip), kuna nendel liikidel esineb suurem partnerite puudus (Randler 2002). Mõlemad tingimused on täidetud konnakotkastel, kes ristuvad omavahel (Väli 2004, Maciorowski et al. 2015a). Sümpatriliselt elavad konnakotkad Ida-Poolas, Baltimaades, Lääne-Venemaal ja Musta mere ümbruses (Kesk-Ukraina), seeläbi moodustub vähemalt 1700 km laiune kokkupuutetus (Väli et al. 2010a). Liikide harulduse staatus mängib samuti suurt rolli, kuna suur-konnakotkas on üks haruldasemaid linnuliike Euroopas (BirdLife International 2018a). Väike-konnakotkas on samuti haruldane linnuliik, kuid tema asurkond on riikides, kus hübriidiseerumine aset leiab, oluliselt suurem kui suur-konnakotkal (BirdLife International 2018b).

Konnakotkastel esineb asümmeetriline hübriidiseerumine ehk 81% ristumise juhtumitest on isane väike-konnakotkas paaritunud emase suur-konnakotkaga (Väli et al 2010a). Seda saab seletada mitmeti. Esiteks ristuvad haruldasema liigi emasloomad ristuvad pigem tavapärasema liigi isasloomadega, kuid mitte vastupidi, kuna emasloomade valivus mängib suurt rolli (Wirtz 1999). Teiseks on näidatud, et suuremakasvulised väike-konnakotka emaslinnud on edukamad pesitsejad ning isaslinnud võivad seetõttu suurema kehasuurusega emaslinde eelistada (Lõhmus & Väli 2004). Seeläbi võib olla ka soodustatud paaride moodustumine väiksema liigi (väike-konnakotka) isastest ja suurema liigi (suur-konnakotka) emastest (Helbig et al. 2005, Väli et al. 2010a). Kolmandaks, paljudel loomadel valivad just isased territooriumi ning emasloomad valivad omale partneri (Wirtz 1999). Suur-konnakotkaste isaslindudel ei pruugi olla võimalik hõivata enda territooriumi, sest sobilike elupaiku ei leidu, mistõttu nad jäävad tihti hulkuvateks; suur-konnakotka emaslinnud on aga valmis pesitsema väike-konnakotka isaslindudega, kes omavad territooriumi (Lõhmus & Väli 2001, Väli et al 2010a). Neljandaks, konnakotkaste emaslinnud on isastest vähem filopatrilised, mistõttu nad asustavad tihti alasid oma sünnikohast kaugemal; oma hõredalt asustatud levilas võivad suur-konnakotka emaslinnud seega asustada paiku, kus oma liigist isaslinnud puuduvad ning moodustada paare arvuka väike-konnakotka isaslindudega (Maciorowski et al. 2015a). Kokkuvõttes võib nentida, et ehkki mitte-liigispetsiifiline paarilise valik on peamine otsene põhjus segapaaride tekkeks, mängivad mitmed sugulise valikuga seotud tegurid ilmselt samuti suurt rolli (Lõhmus & Väli 2005).

Ka sobivate elupaikade kadumine võib suurendada hübriidiseerumise sagedust (Lõhmus & Väli 2005). Suur-konnakotkas on liik, kes asustab inim mõjutusteta, märgaladega kaetud maastiku, samal ajal kui väike-konnakotkas asustab peamiselt laialdase kasutusega põllumaid (Maciorowski et al. 2015b). Eestis läbiviidud uuringus leiti, et suur-konnakotkad eelistavad pesitseda veekogude läheduses ja avatud loodusmaastikel, väike-konnakotkad aga hoiduvad sellistest elupaikadest eemale (Lõhmus & Väli 2005). Samas ei leitud ühtegi märgatavat elupaiga tunnuse erinevust segapaaride ja suur-konnakotka paaride vahel, seega arvati, et segapaarid asustavad tõenäoliselt endiseid suur-konnakotka territooriume (Lõhmus & Väli 2005). Poolas läbiviidud uuring näitas, et hübriidiseerumine leiab aset enamasti sellistel märgaladel, mis pakuvad vahepealselt sobilike olusid nii väike-konnakotkale kui ka suur-konnakotkale (Maciorowski et al. 2015b).

1.4 Konnakotkaste ristumise tagajärjed

Hübriidsed konnakotkad on elujõulised ja võimelised andma järglasi ning Euroopa asurkonnas on leitud ka tagasiristandeid liikide ja hübriidide vahel (Väli et al 2010a). Kahaneva suur-konnakotka asurkonna puhul on see tekitanud olukorra, kus segapaarid on muutunud arvukamaks kui suur-konnakotkapaarid (Väli 2011, 2015). Kuna segapaarid on ilmselt tekkinud eeskätt kunagistele suur-konnakotkapaaride pesitsusterritooriumidele, vajavad ka segapaarid suur-konnakotkastele sarnast kaitset, et tagada suur-konnakotkastele kõrge kvaliteediga elupaigad, kui nende arvukus tulevikus peaks taastuma (Lõhmus & Väli 2005). Kuna ühtegi seirekava konnakotkaste uurimiseks terve areaali ulatuses pole koostatud, on raske öelda, kas hiljuti täheldatud hübriidiseerumise juhtumid on tegelikult tõusmas või mitte (Maciorowski et al. 2015a). Siiski oli hübriidiseerumine minevikus tõenäoliselt haruldasem, kuna suur-konnakotka arvukus oli suurem ja kahe liigi elupaigad olid selgemini eristatavad (Maciorowski et al. 2015a).

1.5 Konnakotkaste eristamine morfoloogia põhjal

Konnakotkaste määramist on tänapäevaks palju uuritud ning nende liigispetsiifilised välistunnused on üpris hästi teada, siiski on nende eristamine endiselt küllaltki keeruline ülesanne (Lontkowski & Maciorowski 2010). Kaks liiki on lihtsamini eristatavad noorlindude faasis ning teatud tunnused on nähtavad juba pesapoja staadiumis (Lontkowski & Maciorowski 2010). Näiteks suur-konnakotkaste noorlindude sulestik on rohkem eristatavam kui väike-konnakotkaste noorlindude sulestik, kuna suur-konnakotkaste eristamistunnused on pidevamad – nagu mustri ja vöotide puudumine sisemistel labahoosulgedel ja küünrhoosulgedel (Lontkowski & Maciorowski 2010). Kõik kolm taksonoomilist gruppi (väike-konnakotkad, suur-konnakotkad ja hübriidid) on sulestikutunnuste abil paremini eristatavad, kui suuruse kaudu (Väli & Lõhmus 2004). Näiteks pole hübriidide ja suur-konnakotkaste noorlinde suuruse järgi võimalik kindlalt eristada, sest märkimisväärne osa isendite suuruse erinevusest tuleneb soolisest dimorfismist (emased isendid on tunduvalt suuremad kui isased) (Väli & Lõhmus 2004). Määramine on kõige tulemuslikum siis, kui arvestatakse nii sulestikutunnuseid kui mõõtmeid (Väli & Lõhmus 2004). Säärasel kompleksel määramisel on võimalik eristada ka hübriide, kellel on enamasti vahepealne fenotüüp võrreldes kahe vanemliigiga (Väli & Lõhmus 2004, Lontkowski & Maciorowski 2010). Sarnaselt fenotüübiga esines hübriididel ka vahepealsed sulestiku tunnused, mille abil sai eristada hübriide kahest vanemliigist (Väli & Lõhmus 2004). Kõige iseloomulikumaks konnakotkaste noorlindude eristamistunnusteks peetakse tüürsulgede kattesulestiku mustrit ning labahoo- ja tüürsulgede värvust (Lontkowski & Maciorowski 2010).

1.6 Mitteinvasiivsete meetodite kasutamine linnuliikide eristamisel

Veel 20-30 aastat tagasi vajas liikide geneetika uurimine suurtes kogustes materjali, tihti koguni erinevatest elunditest (Lewontin 1991). Teadusliku uuringu jaoks tuli loomad seetõttu tavaliselt tappa (Taberlet & Luikart 2008). Samal ajal rõhutati teadlastele, et alustada proovide võtmist mitteinvasiivsel viisil, mille käigus loomi ei peaks tapma, ega isegi tabama (Taberlet & Luikart 2008). DNA proove hakati võtma väljaheidetest, langenud karvadest või sulgitud sulgedest ning uuenevad meetodid võimaldasid ka väikeste DNA-koguste analüüsi (Taberlet & Luikart 2008). Tänapäevaks on mitteinvasiivsete meetodite mõiste laienenud ka väljapoole geneetikat. Mitteinvasiivsetel meetoditel kogutud proovide kasutamine on

osutunud eriti tähtsaks looduskaitstes, kuna see võimaldab kaardistada ohustatud või hävimisohus liikide isendeid ilma nende tabamise vajaduseta. Mitteinvasiivsed meetodid on olulised näiteks röövlindude asurkondade seires ja demograafia uurimisel, kuna röövlindude on raske tabada (Rudnick et al. 2005).

Lindude ja õhusõidukite kokkupõrkel leitud sulgi ja sulejäänuseid on võimalik kasutada liikide määramiseks (Brom 1986). Liigi määramine seisneb sule makroskoopiliste tunnuste (mustri, kuju, tekstuuri, suuruse) või udusulgede mikroskoopiliste tunnuste võrdlemine muuseumide näidiskollektsioonidega (Dove 1997). Lisaks silmaga nähtavatele tunnustele võidakse kasutada ka näiteks UV kiirgust; suurem osa sulgedest (väljaarvatud tume mustad suled) peegeldavad UV kiirgust, mis muudab sule heledust (Hausmann et al. 2002; Eaton & Lanyon 2003).

Mitteinvasiivsed meetodid võivad asendada ja täiendada traditsioonilistel vaatluspõhistel uuringutel saadud tulemusi. Näiteks annab värskest sulgitud sule leidmine aimu teatud linnuliigi esinemisest piirkonnas. Edasine analüüs võimaldab kindlaks teha ka linnu vanuse ja mõnikord ka kohaloleku põhjuse – kas tegemist on noorlinnuga või täiskasvanud isendiga, kes lähipiirkonnas pesitseb. Rändavate liikide sulgede analüüs annab teavet rände fenoloogiast (sisse või väljaränne). Leitud suled on tihti abiks just selliste liikide kindlaks tegemisel, kes on teatud piirkonnas haruldased. (Cieślak & Dul 2006: 11)

Mitteinvasiivselt kogutud proovide (suled, karvad, väljaheited jms) abil on võimalik uurida ka neid ökoloogilisi ja demograafilisi probleeme, mida on kas keeruline või võimatu selgitada traditsiooniliste meetodite abil. Näiteks on mitteinvasiivselt kogutud proovide geneetilised analüüsid muutunud liikide määramisel hindamatuks abivahendiks (Pearce et al. 1997; Segelbacher 2002; Horvath et al. 2005). Võrreldes makroskoopiliste või mikroskoopiliste morfoloogiliste tunnuste võrdlusega on liikide määramine geneetiliste meetoditega objektiivsem, lisaks sellele võimaldab sobivate markerite (näiteks mikrosatelliitide) genotüpiseerimise eristada isendeid (Rudnick et al. 2007). Tänapäevased identifitseerimismeetodid nagu geneetiliste markerite kasutamine võimaldavad määrata hübriide ja eristada vanemliike tõhusamalt kui varasemad meetodid (Randi & Lucchini 2002).

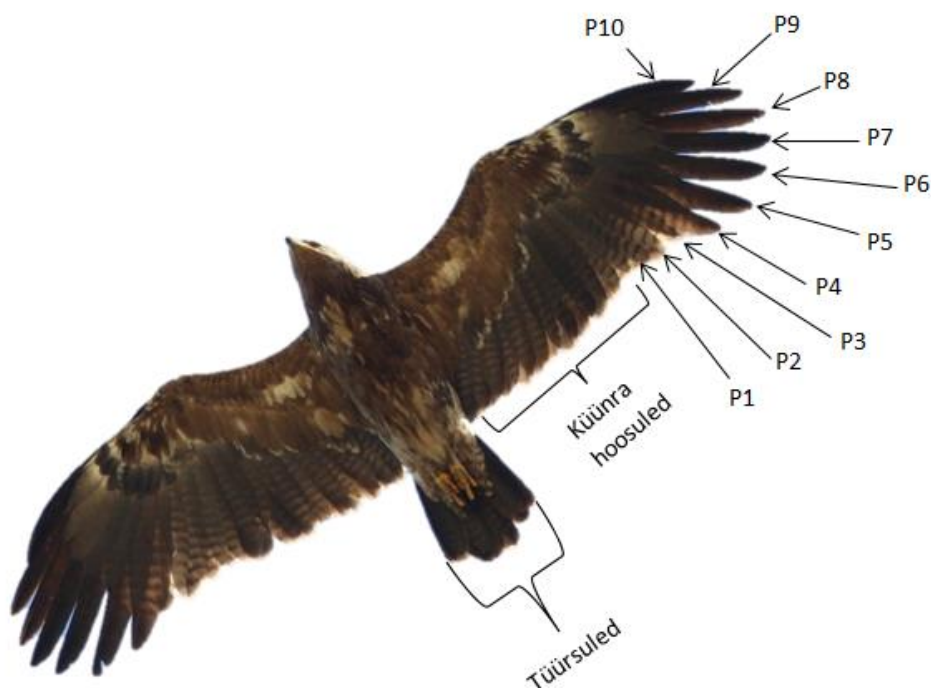
Sulgedest eraldatud DNA põhjal on analüüsitud ka konnakotkapopulatsioone. Näiteks on leitud, et väike-konnakotka Balti populatsioon ei ole geneetiliselt diferentseerunud ning pärineb ühisest jääaegsest refuugiumist Balkani poolsaarel (Väli 2004). Suur-konnakotka Eesti populatsiooni geneetiline mitmekesisus on ligi kolm korda suurem kui väike-

konnakotkal, see võib tuleneda populatsiooni erinevast ajaloost viimasel jääajal (kõrgem arvukus, suurem levila, erinevad refuugiumid) või tänapäevastest faktoritest (aktiivne geenisiire, arvukuse hiljutine langus) (Väli 2004). Geneetilised markerid on aidanud tuvastada konnakotkahübriide ning võimaldanud analüüsida kahe liigi hübriidiseerumist (Väli et al. 2010b).

Ehkki mitteinvasiivsed meetodid on andnud väärtuslikku materjali eeskätt geneetilisteks analüüsideks, on oma eelised ka traditsiooniliste meetodite kasutamisel, sest need on sageli odavamad, kiiremini teostatavad ning ei vaja reeglina spetsiifilisi töövahendeid.

2. MATERJAL JA METOODIKA

Käesolevas töös kasutatud suur-konnakotka ja väike-konnakotka suled olid varasemalt kogutud Eesti Maaülikooli zooloogia osakonna sulekogusse 1990. aastate keskpaigast kuni 2017. aastani. Käesolevas töös uuriti sulgi aastatest 1999–2017; väike-konnakotka suled pärinesid aastatest 2011–2017, suur-konnakotkastel ja hübriididel kaasati valimi suurendamiseks sulgi ka aastatest 1999–2010. Kõigil sulgedel määrati kõigepealt sule tüüp (labahoosulg, küünrahoosulg või tüürsulg) (Joonis 1). Edasises töös kasutati üksnes labahoosulgi, sest tüürsulgedel ja küünrahoosulgedel ei leitud selgelt eristatavaid tunnuseid. Kõik uuritavad suled mõõdeti ja kirjeldati kahel korral, et vältida ebatäpsuseid, mis võisid tuleneda vähesest kogemusest töö alustamisel. Analüüsides eristati suled, millelt oli varasemalt DNA proov võetud ja geneetilise meetodiga (Väli et al. 2010b) liik kindlaks määratud. Ülejäänud suled määrati vanalindude välikirjelduste põhjal (Ü. Väli info) või tuletuspõhiselt – kõigist pesadest, kus võis oletada suur-konnakotka või hübriidi esinemist, oli vähemalt üks sulg igal aastal geneetiliselt määratud ning teised sama aasta suled loeti ka sellele liigile kuuluvaks. Kokku töödeldi läbi 243 labahoosulge, millest 15 kuulusid hübriididele, 25 suur-konnakotkastele ja 203 väike-konnakotkastele.



Joonis 1. Suletüübid konnakotka tiival ja sabal. Foto: Ü. Väli.

Iga labahoosule puhul määrati esiteks tema asukoht tiival (P1–P10; Joonis 1) ja liik kuhu sulg kuulub (Tabel 1). Seejärel mõõdeti ning kirjeldati kõigil uuritavatel sulgedel järgmised kvantitatiivsed (tunnused 1-3) ja kvalitatiivsed (4-7) tunnused:

- 1) *kuldne triip* (Lisa 1), mis esines P4-P10 sulgede tagapinnal sulerootsu kõrval;
- 2) *hõre ja hele äär* (Lisa 2), mis esines P1-P4 sulgedel, välimise sulelaba alumisel äärel;
- 3) *terav moodustis tipus* (edaspidi *terav tipp*) (Lisa 2), mis esines P1 sulgede tipus ja võis erineda enda kujult ja pikkuselt;
- 4) *sisemise sulelaba toon* (Lisa 3), mis esines P5-P10 sulgedel, sule rootsust sissepoole jääva sule osal;
- 5) *sule kogupikkus*, millest edasiseks analüüsimiseks arvutati iga suletüübi kaupa suhteline erinevus (%) asurkonna keskmisest;
- 6) *saki pikkus* (Lisa 3) keskmistel ja tipmistel labahoosulgedel (P5-P10). Välistamaks sule pikkuse rolli saki pikkusele kontrolliti seose olemasolu sule kogupikkuse ja saki pikkuse vahel;
- 7) *siselabavöötide arv* (Lisa 2), mis loendati P1-P4 sulgedelt.

Uuritavate rühmade (suur- ja väike-konnakotkas, nendevahelised hübriidid) vaheliste erinevuste olulisuse testimiseks kasutati pidevate (*sule suhteline pikkus*, *saki pikkus*) ja diskreetsete (*siselabavöötide arv*) tunnuste puhul dispersioonanalüüsi (ANOVA), rühmadevahelist erinevust kontrolliti Tukey *post-hoc* testiga. Sule pikkuse ja saki pikkuse vahelise seose olemasolu kontrolliti korrelatsioonanalüüsiga.

Kvalitatiivsete nominaaltunnuste (*kuldne triip*, *hõre/hele ääre ja terava tipu olemasolu*, *sisemise sulelaba toon*) esinemise sageduste erinevusi analüüsiti hii-ruut testi abil. Tunnuste ühiseks analüüsiks sooritati diskrimantanalüüs. Selleks jaotati tunnused kahte gruppi: 1. grupp koosnes tunnustest *sule suhteline pikkus*, *siselabavöötide arv*, *hõre ja hele äär* ning *terav tipp*, mis esinesid sulgedel P1-P4; 2. grupp koosnes tunnustest *sule suhteline pikkus*, *saki pikkus*, *kuldne triip* ning *sisemise sulelaba toon* tunnustest, mis esinesid P5-P10 sulgedel. Võrdluseks tehti diskrimantanalüüs ka iga üksiku tunnusega. Andmeanalüüs viidi läbi statistikaprogrammi R versiooni 3.3.3 (R Development Core Team 2017) abil keskkonnas

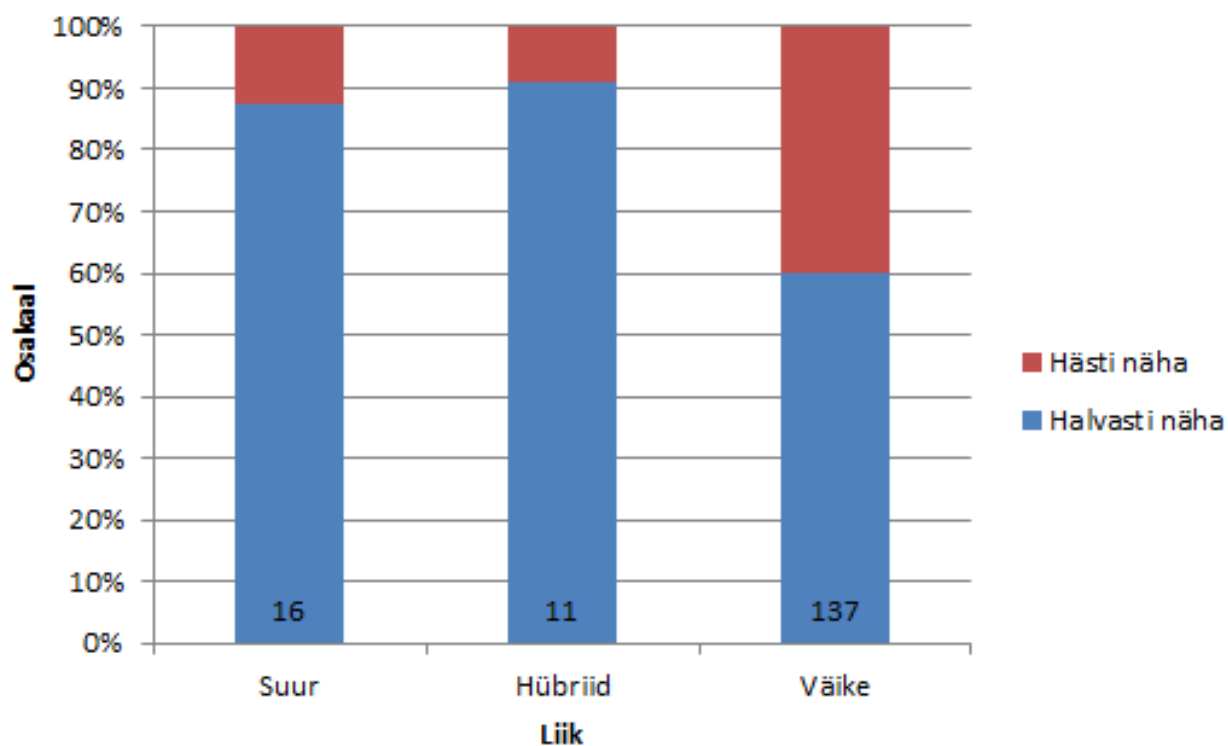
RStudio (RStudio Team 2016). Tulemusi illustreerivad joonised koostati programmide R (dispersioonanalüüsi karpdiagrammid, korrelatsioon) ning MS Excel (tulpdigrammid) abil.

Tabel 1. Iga liigi sulgede arv suletüübi kohta

| Suletüüp | Suur-konnakotkas | Hübriid | Väike-konnakotkas |
|-----------------|-------------------------|----------------|--------------------------|
| P1 | 2 | 2 | 30 |
| P2 | 0 | 0 | 5 |
| P3 | 7 | 2 | 31 |
| P4 | 2 | 1 | 28 |
| P5 | 1 | 0 | 12 |
| P6 | 4 | 3 | 14 |
| P7 | 1 | 2 | 15 |
| P8 | 4 | 1 | 41 |
| P9 | 2 | 3 | 20 |
| P10 | 2 | 1 | 7 |

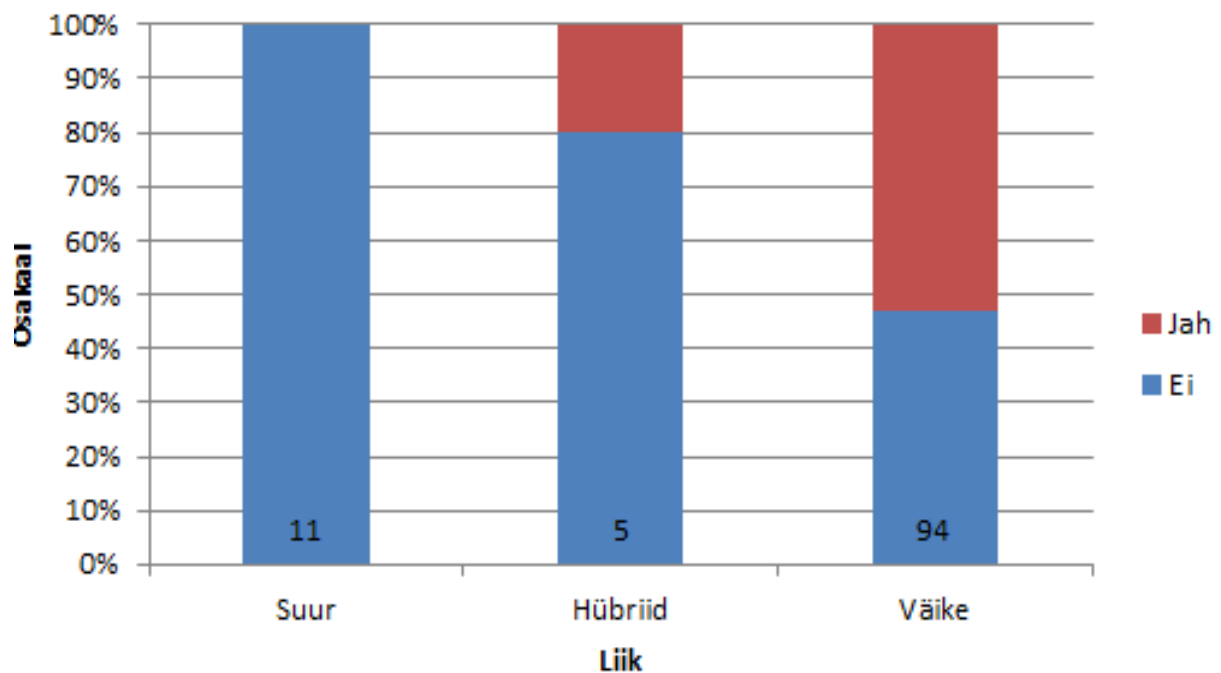
3. TULEMUSED

Tunnus *kuldne triip* esines suur-konnakotkastel ja hübriididel harva, kuid väike-konnakotkastel ligi pooltel uuritud sulgedest (Joonis 2). Statistiliselt olulist erinevust rühmade vahel siiski ei leitud ($\chi^2_2 = 4,1$; $P = 0,13$).



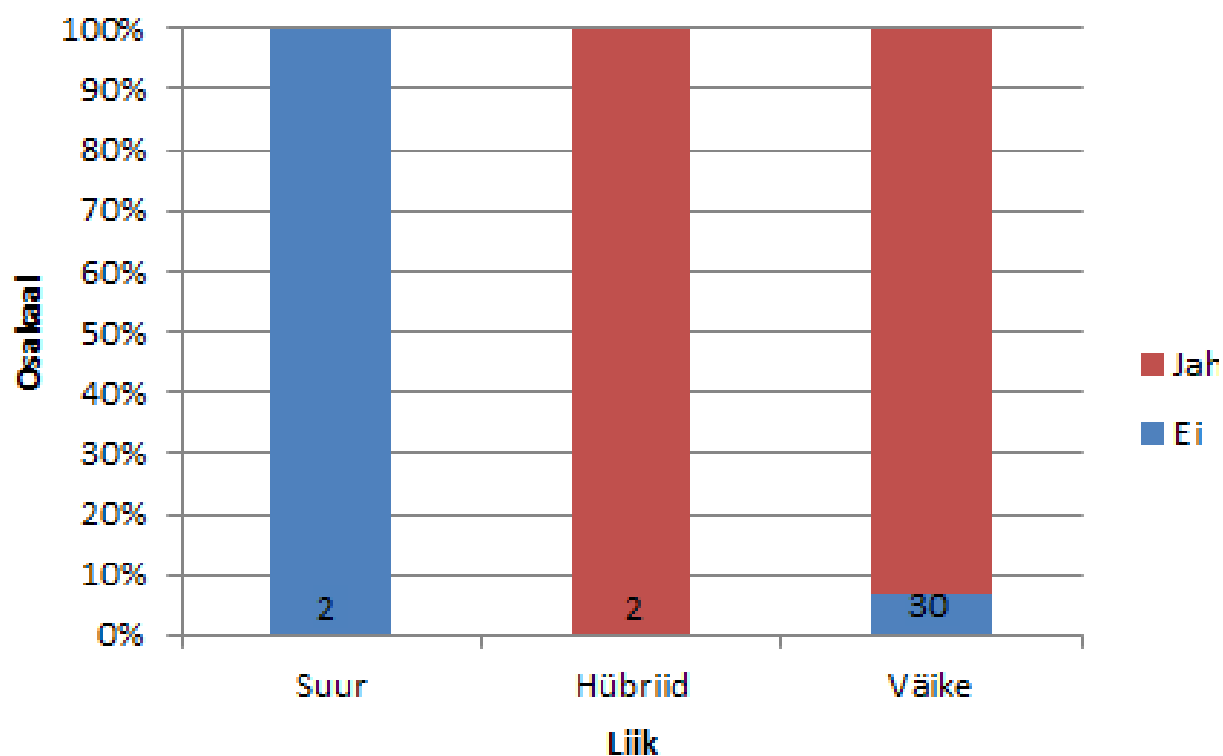
Joonis 2. Kuldse triibu nähtavus kahe konnakotkaliigi ja nende hübriidide sulgedel. Tulpade sees on esitatud iga rühma uuritud sulgede arv.

Ühelgi uuritud suur-konnakotkasulel tunnust *hõre ja hele äär* ei esinenud, kuid väike-konnakotkastel oli tunnus enam kui pooltel sulgedest (Joonis 3). Enamikul hübriidide sulgedest tunnust ei täheldatud, aga 20% siiski see esines (Joonis 3). Leitud rühmadevaheline erinevus jäi siiski napilt olulisusepiirist välja ($\chi^2_2 = 5,0$; $P = 0,08$).



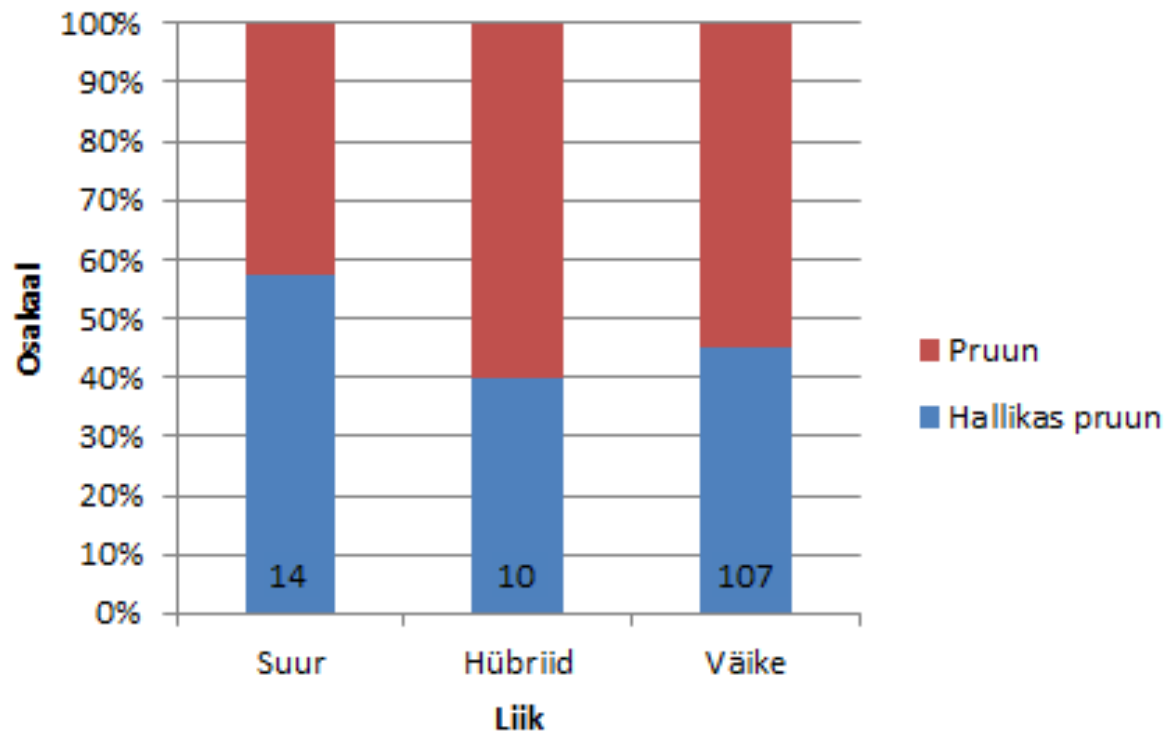
Joonis 3. Hõreda ja heleda ääre esinemine kahe konnakotka liigi ja nende hübriidide sulgedel.

Tunnus *terav tipp* domineeris väike-konnakotkastel. Suur-konnakotkastel tunnust ei täheldatud, hübriididel oli see olemas, aga mõlemal rühmal oli võimalik uurida vaid kaht sulge (Joonis 4). Erinevuse olulisust polnud võimalik testida, kuna andmed olid selleks liiga napid.



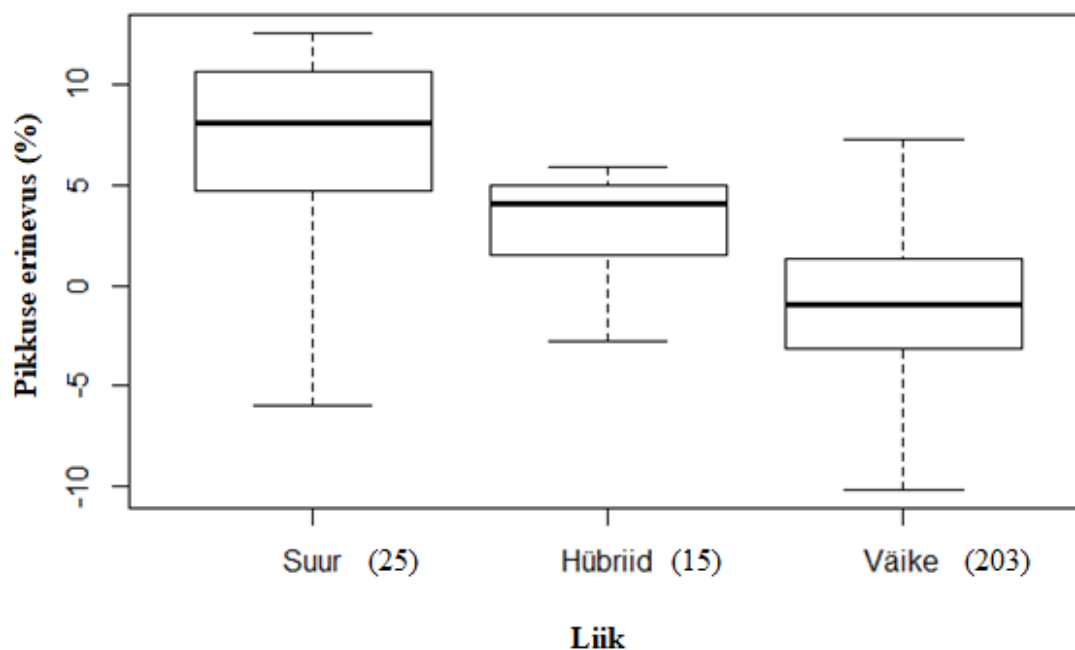
Joonis 4. Terava tipu esinemine kahe konnakotka liigi ja nende hübriidide sulgedel.

Tunnus *sisemise sulelaba toon* oli kahe väärtuse osas üsna võrdselt jaotunud (Joonis 5) ning tunnuse domineerimist ei leitud üheski rühmas ($\chi^2_2 = 0,8$; $P = 0,68$).



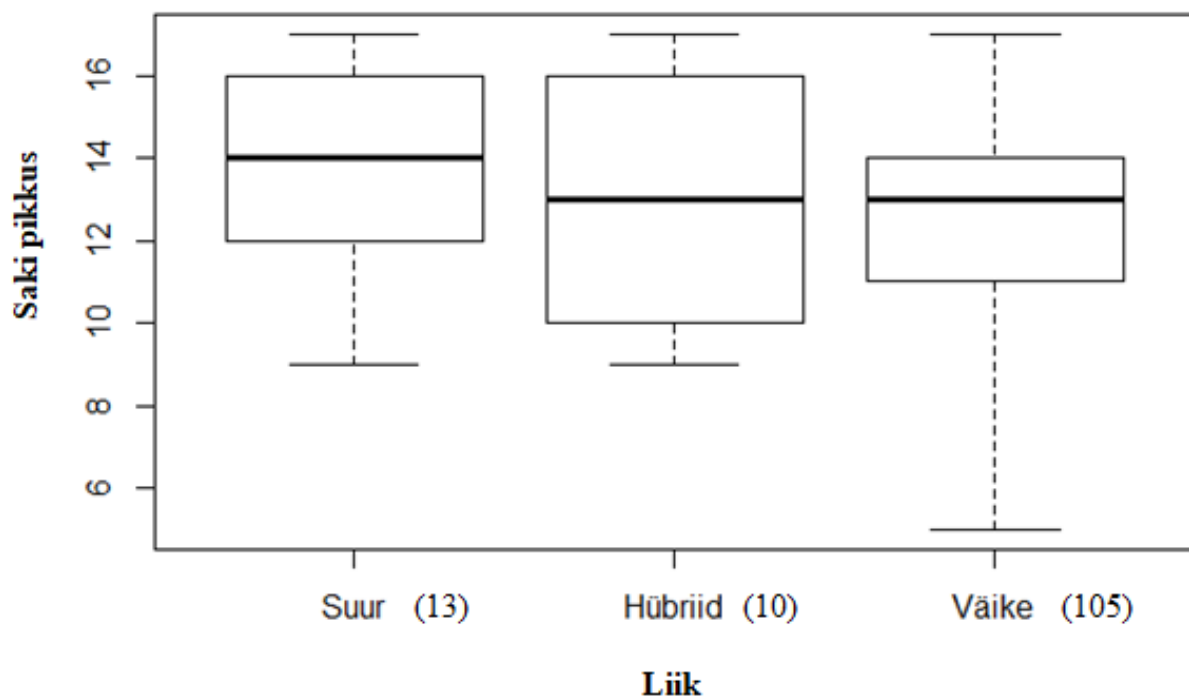
Joonis 5. Sisemise sulelaba toon kahe konnakotka liigi ja nende hübriidide sulgedel.

Sule suhteline pikkus erines rühmade vahel väga oluliselt ($F_{2, 236} = 67,9$; $P < 0,001$; Joonis 6). Suur-konnakotka labahoosuled olid enamasti märgatavamalt pikemad kui väike-konnakotka suled ($P < 0,001$). Kuna valdav enamik uuritud sulgedest pärines väike-konnakotkastelt, oli nende sulgede suhteline pikkus võrdne mediaaniga. Siiski leidsid üksikuid sulgi, mis sarnanesid pikkuselt suur-konnakotka tasemele, aga valdav enamus sulgi olid kuni 3% lühemad või pikemad kui keskmine antud suletüübi pikkus. Üksikud suled olid märgatavalt lühemad võrreldes keskmiste pikkustega, jäädes ligi 10% lühemaks kui keskmine sule pikkus (Joonis 6). Suur-konnakotka suled olid keskmiselt 8% (kvartiilid 5-11%) pikemad kõigi sulgede keskmisest, mõned suled olid koguni 12% pikemad. Samas esines ka sulgi, mis olid pikkuselt võrdsed nii hübriidide kui ka väike-konnakotkaste sulgedega (Joonis 6). Hübriidide sulgede pikkus jäi kahe liigi vahele (enamik sulgedest olid kuni 5% pikemad kui keskmised sule pikkused), kuid üksikud suled olid keskmisest lühemad (Joonis 6). Hübriidid erinesid nii suur-konnakotkastest ($P = 0,002$) ja väike-konnakotkastest ($P < 0,001$).



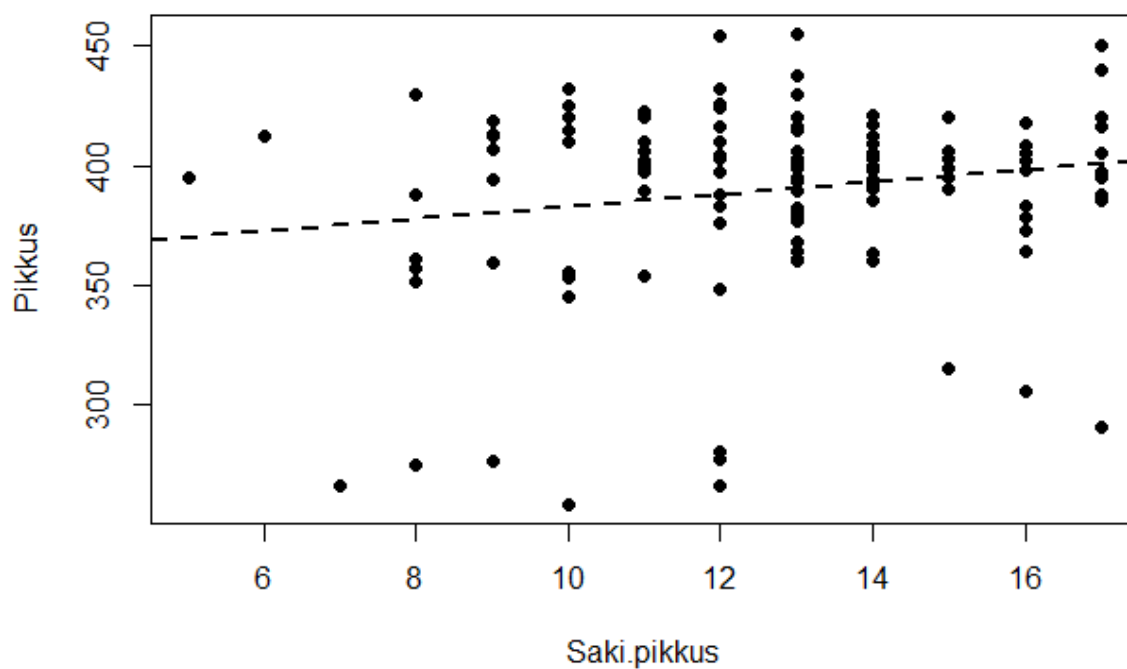
Joonis 6. Sulgede suhteline pikkus uuritud rühmades. Jäme joon tähistab mediaani, karp kvartiile, mille vahele jääb pool valimi väärtustest ja vurrud miinimum- ja maksimumväärtusi. Iga rühma nimetuse juures on esitatud uuritud sulgede arv.

Suur-konnakotkaste sulgedel olid valdavalt kõige pikemad sakid (kvartiilid 12-16 mm), kuigi esines ka sulgi, mille sakid olid üle 16 mm ja alla 12 mm pikad. Väike-konnakotkastel olid sakid pisut lühemad (kvartiilid 11-14 mm) ning neil esines sulgi, mille saki pikkus ulatus alla 6 mm. Hübriidid olid valdavalt vahepealsed, kuna neil esines rohkem suur-konnakotkale omaseid pikki sakke, aga keskmine saki pikkus oli võrdne väike-konnakotka omaga (Joonis 7). Olulist erinevust rühmade vahel siiski ei leitud ($F_{2, 125} = 1,3$; $P = 0,27$).



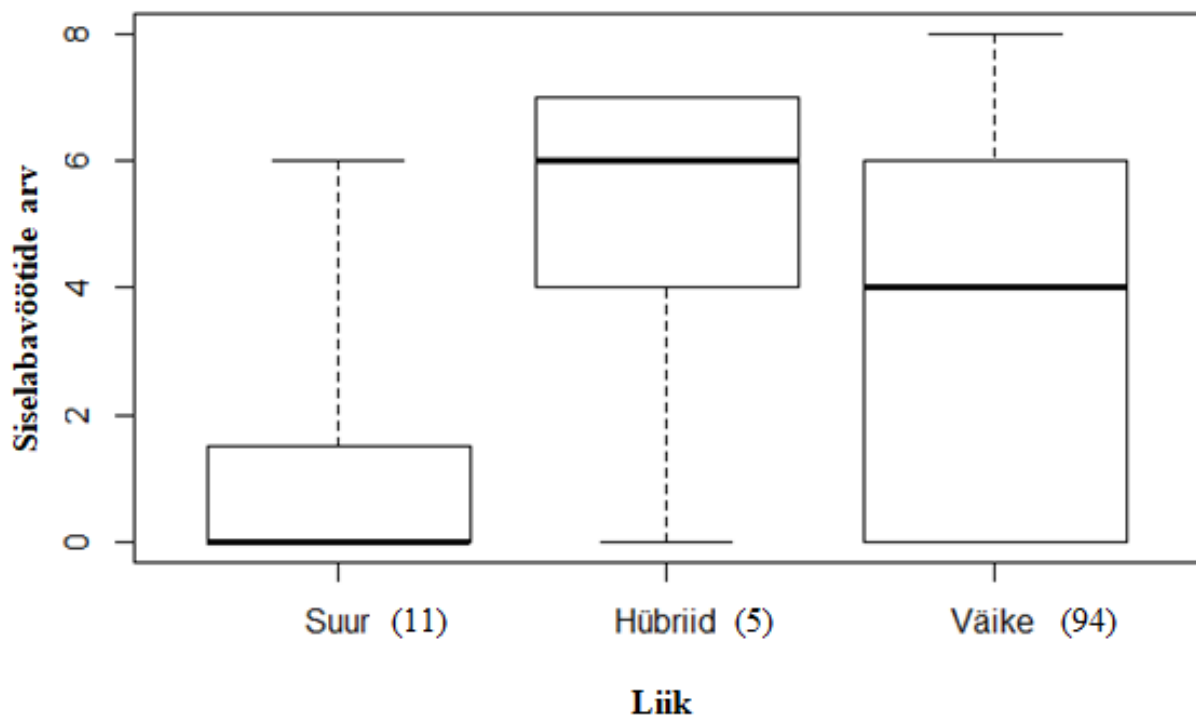
Joonis 7. Saki pikkus (mm) kahe konnakotkaliigi ja nende hübriidide sulgedel. Jäme joon tähistab mediaani, karp kvartiile, mille vahele jääb pool valimi väärtustest ja vurrud miinimum- ja maksimumväärtusi. Iga rühma nimetuse juures on esitatud uuritud sulgede arv.

Sule kogupikkuse ja saki pikkuse vahel oli nõrk, aga oluline seos ($r = 0,18$; $n = 128$; $P = 0,05$). Tunnuse hajuvus oli siiski suur ($R^2 = 0,03$) – mitmed pikad suled olid väga lühikese sakiga ning lühikesed suled pika sakiga (Joonis 8).



Joonis 8. Saki pikkuse (mm) seos sule pikkusega (mm). Punktiirjoonega on esitatud tunnuste vaheline lineaarne seos.

Sulgede vöödilisuses leiti oluline erinevus ($F_{2, 107} = 4,3; P = 0,02$) (Joonis 9). Suur-konnakotkad olid kõige väiksema vöötide arvuga rühm (kvartiilid 0-2), kuid esines ka sulgi, mis olid tundavamalt vöödilisemad. Väike-konnakotkastel oli tunnus laialdaselt esinev – oli sulgi millel polnud üldse vöote, aga osa sulgi küündisid vöotide maksimumarvuni (8). Kaks liiki oluliselt erinesid üksteisest ($P=0,02$) Hübriidid oli valdavalt kõige vöödilisemad (kvartiilid 4-7) ja erinesid suur-konnakotkastest oluliselt ($P= 0,05$). Väike-konnakotkastega sarnast erinevust ei täheldatud ($P=0,67$)



Joonis 9. Siselabavöötide arv kahe konnakotka liigi ja nende hübriidide sulgedel. Jäme joon tähistab mediaani, karp kvartiile, mille vahele jääb pool valimi väärtustest ja vurrud miinimum- ja maksimumväärtusi. Iga rühma nimetuse juures on esitatud uuritud sulgede arv.

Diskriminantanalüüsi (Tabel 2) alusel oli enamiku tunnuste abil võimalik alati või enamasti õigesti määrata vaid väike-konnakotkaid. Enamiku kvalitatiivsete tunnuste järgi polnud võimalik suur-konnakotkaste sulgi õigesti määrata ning sule suhteline pikkus võimaldas määrata pisut üle poolte sulgedest. Esimene tunnuste rühm suurendas õigesti määratud suur-konnakotkasulgede osatähtsust märkimisväärselt, kuid teise rühma puhul lisatud tunnused isegi halvendasid pikkuse järgi määramise õigsust. Hübriide ei suudetud diskriminantanalüüsiga ühegi tunnuse puhul õigesti määrata.

Tabel 2. Sulgede õigesti määramise tõenäosus (%) diskriminantanalüüsi alusel

| Tunnused | Suur-konnakotkas | Hübriid | Väike-konnakotkas |
|----------------------------|-------------------------|----------------|--------------------------|
| 1. Kulдне triip | 0 | 0 | 100 |
| 2. Hõre ja hele äär | 0 | 0 | 100 |
| 3. Terav tipp | 100 | 0 | 93 |
| 4. Sisemise sulelaba toon | 0 | 0 | 100 |
| 5. Pikkuse erinevus | 57 | 0 | 98 |
| 6. Saki pikkus | 0 | 0 | 100 |
| 7. Siselabavöötide arv | 0 | 0 | 100 |
| 1. tunnuste grupp (1-3; 5) | 80 | 0 | 100 |
| 2. tunnuste grupp (4-7) | 45 | 0 | 98 |

4. ARUTELU

Varasemaid põhjalike uuringuid konnakotkaste eristamisest sulgede morfoloogia põhjal pole varem täheldatud. Näiteks on Cieślak ja Dul (2006: 78) püüdnud välja pakkuda kriteeriume eristamaks kaht liiki nende sulgede abil, kuid usaldusväärseid pikkuse ja värvuse tunnuseid ei suudetud leida. Võimalik, et selle põhjuseks oli uurimismaterjali vähesus.

Käesoleva töö tulemuste tõlgendamisel tuleb arvestada, et nii suur-konnakotka kui ka hübriidide sulgi oli märkimisväärselt vähem kui väike-konnakotkaste sulgi. Ilmselt oli just valimi väiksus põhjuseks, miks leitud erinevused jäid mitteoluliseks või olulisuse piirile. Seega on käesolevas töös uuritud tunnuste põhjalikumaks analüüsiks kindlasti vajalik valimi suurendamine.

Tunnus *kuldne triip* polnud domineeriv ühegi kolme grupi puhul, kuid selle esinemine enam kui kolmandikul väike-konnakotkastest ning puudumine enamikul suur-konnakotkastel näitas tunnuse potentsiaali kahe konnakotkaliigi eristamisel. Ka enamikul hübriididest ei esinenud seda tunnust, mistõttu olid hübriidid sarnased suur-konnakotkastele. Tunnuse laiem kasutamine võib olla problemaatiline, kuna selle esinemise määratlus on subjektiivne ning oleneb vaatelejast.

Tunnuse *hõre ja hele äär* puhul esinemise sagedus oli hübriididel mõlema vanemliigi vahepealne. Kuna tunnus esines üle poole väike-konnakotka sulgedel, aga ühelgi suur-konnakotka suljel, näitas see tunnus samuti potentsiaali kahe konnakotka liigi eristamisel. Tunnus oli visuaalselt kergemini eristatavam kui *kuldne triip*.

Tunnuse *terav tipp* analüüsi tulemused osutasid potentsiaalselt heale eristamistunnusele, kuna enamus väike-konnakotkastel see tunnus esines ning ühelgi suur-konnakotkal mitte, hübriidid olid selle tunnuse osas sarnased väike-konnakotkale, mis näitas potentsiaali hübriidide eristamisel kompleksis teiste tunnustega (nt *kuldse triibuga*, mille puhul hübriidide esinemissagedus sarnanes suur-konnakotkale). Selle tunnuse analüüs kannatas kõige enam valimi väiksuse tõttu.

Tunnuse *sisemise sulelaba tooni* poolest olid kaks konnakotka liiki ning hübriidid väga sarnased – mõlemad registreeritud värvitoonid jaotusid enam-vähem võrdselt kõigis rühmades. Seega pole see tunnus liikide eristamisel kuigi suure potentsiaaliga.

Tunnuse *sule pikkus* juurest täheldati märkimisväärsed erinevusi kahe konnakotkaliigi ja nende hübriidide vahel. Hübriidide sulgede pikkused jäid valdavalt kahe vanemliigi tunnuste väärtuste vahele, see tähendab, et tunnus ei domineerinud. Tunnus näitas potentsiaali ka kahe vanemliigi eristamisel, kuna pikkuse erinevuse vahemikud olid märkimisväärselt suured kahe liigi vahel, kuid peab arvestama, et erandeid võib alati esineda. Miinimum erines märgatavalt rohkem kui maksimum, kuna tõenäoliselt olid uuritud sulgede seas väiksemakasvuliste isaste konnakotkaste sulgi. Isaslindude sulgede arv on tõenäoliselt minimaalne, kuna isased on vaid põgusalt pesa juures, et saaki tuua ning on enamus ajast pesast eemal ja sulgi pesa juurde ei jäta (Väli 2004).

Saki pikkuse poolest olid grupid sarnased, kuid valdavalt jäi kõige lühema saki pikkusega grupiks väike-konnakotkas. Kuigi keskmiste poolest olid kõik grupid praktiliselt võrdsed olid kvartiilide suured vahemikud nii suur-konnakotkastel kui ka hübriidel märgatavad eristamistunnused. Hübriididel dominantsust ei esinenud, kuna suled olid vahepealsete tunnustega. Liikidevahelisel eristamisel pidi sarnaselt arvestama sellega, et erandeid võis igast grupist esineda. Tunnuse *saki pikkus* väärtust vähendab asjaolu, et see tunnus sõltus oluliselt sule kogupikkusest – pikematel sulgedel esines ka pikemad sakipikkused. Niisiis pole tegemist sõltumatu tunnusega.

Suur- ja väike-konnakotkad erinesid *siselabavöötide arvu* puhul märkimisväärselt, seega omas see tunnus potentsiaali eristamistunnusena. Hübriididel esines väike-konnakotka dominantsus tunnus – suurem osa sulgi olid pigem rohke vöötide arvuga kui vähese vöötide arvuga. See võis olla tingitud sellest, et hübriididel võivad noorlindude tunnused jääda püsima ka vanemas eas (Väli 2010). Siiski on ka väike-konnakotkaste vanalindudel täheldatud noorlindude sulestiku tunnuseid (Meyburg 2005), kuid mitte suur-konnakotkastel (Väli 2010).

Diskriminantanalüüsi tulemused näitasid, et väike-konnakotkad olid kõige tõenäolisemalt eristatavad teisest kahest grupist – määramistõenäosus oli kõrge nii üksikute kui ka tunnustegrupide puhul. Tõenäoliselt oli põhjuseks selle liigi oluliselt suurem valim võrreldes teiste rühmadega. Suur-konnakotkaste puhul oli suurim määramise efektiivsus esimese tunnuste rühma puhul (*kuldne triip, hõre ja hele äär, terav tipp ja pikkuse erinevus*), samas kui üksnes pikkuse kasutamine võimaldas õigesti määrata vaid pooli sulgedest ning teise rühma tunnuste (*sisemise sulelaba toon, pikkuse erinevus, saki pikkus ja siselabavöötide arv*) lisamine määramiseefektiivsust ei parandanud. Hübriidide määramine ei osutunud

diskrimantanalüüsi alusel võimalikuks, kuid üksikute tunnuste analüüside tulemused näitavad siiski potentsiaali sulgede kasutamisel hübriidide eristamiseks.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli leida meetodeid, kuidas eristada kaht konnakotkaliiki ja nende hübriide üksteisest, uurides nende sulgede morfoloogiat.

Kontrolliti seitset tunnust. Nii *pikkuse erinevus* kui ka *siselabavöötide arv* omasid märkimisväärset erinevust kahe konnakotkaliigi ja nende hübriidide vahel. Väiksemad erinevused leiti tunnuste *kuldne triip*, *hõre/hele äär* ja *saki pikkus* puhul, kõige vähem näitas potentsiaali eristamistunnusena *sisemise sulelaba toon*. Väike-konnakotkastel domineeriv tunnus *terav tipp* vajaks edaspidi valimi suurendamist, et kontrollida selle potentsiaali liikide eristamistunnusena. Hübriidide suled olid sarnased ühele vanemliigile või vahepealsed, mida on varem täheldatud ka lindude sulestiku ja mõõtmete uuringutes. Hübriidide eristamiseks kõrge potentsiaaliga tunnust ei leitud, kuid kõige märgatavamad erinevused kujunesid välja tunnuses *siselabavöötide arv*, milles hübriididel oli järjepidevalt kõige kõrgem vöötide arv. Suletunnuste kompleksel uurimisel olid kõige täpsemini eristatavad väike-konnakotkad, sellele aitas ilmselt kaasa nende sulgede rohkus võrreldes teise kahe rühmaga.

Lõputööga saavutati tööeesmärk leida meetodeid eristamiseks üksteisest kaht konnakotkaliiki ja nende hübriide. Seitsmest uuritud tunnusest osutus enamus neist potentsiaalseteks eristamistunnusteks, millest osad olid kõrgema ja teised madalama potentsiaaliga. Käesolevas töös olid valimi suurused üpris piiratud, eriti suur-konnakotkaste ja hübriidide puhul, ning seetõttu tuleks tuvastatud potentsiaalsete tunnuste kasutatavuse kinnitamiseks valimit tulevikus suurendada.

KASUTATUD KIRJANDUS

Aliabadian, M., Nijman, V. (2007). Avian hybrids: incidence and geographic distribution of hybridisation in birds. *Contr. Zool.* 76: 59–61.

BirdLife International (2018a) Species factsheet: *Clanga clanga*.

<http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/greater-spotted-eagle-clanga-clanga/text>

BirdLife International (2018b) Species factsheet: *Clanga pomarina*.

<http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/lesser-spotted-eagle-clanga-pomarina/text>

Brom, T. G. (1986). Microscopic identification of feathers and feather fragments of Palearctic birds. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 56, 181-204.

Cieślak, M., Dul, B. (2006). Feathers: identification for bird conservation. Natura Publishing House. lk 11;78

Dove, C. J. (1997). Quantification of microscopic feather characters used in the identification of North American plovers. *Condor*, 47-57.

Eaton, M. D., Lanyon, S. M. (2003). The ubiquity of avian ultraviolet plumage reflectance. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 1721–1726.

Fülöp, A., Kovács, I., Baltag, E., Daróczy, S. J., Dehelean, A. S., Dehelean, L. A., Kis, R. B., Komáromi, I. S., Latková, H., Miholcsa, T., Nagy, A., Ölvedi, S. Z., Papp, T., Sándor, A. K., Zeitz, R. and Kelemen, M. A. (2014). Autumn migration of soaring birds at Bosphorus: validating a new survey station design. *Bird Study* 61(2): 264-269.

Hausmann, F., Arnold, K. E., Marshall, N. J. & Owens, I. P. F. (2002). Ultraviolet signals in birds are special. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 61–67.

Helbig, A. J., Seibold, I., Kocum, A., Liebers, D., Irwin, J., Bergmanis, U., Meyburg, B. U., Scheller, W., Stubbe, M., Bensch, S. (2005). Genetic differentiation and hybridization between greater and lesser spotted eagles (Accipitriiformes: *Aquila clanga*, *A. pomarina*). *Journal of Ornithology*, 146(3), 226-234.

Horvath, M. B., Martinez-Cruz, B., Negro, J. J., Kalmar, L., Godoy, J. A. (2005). An overlooked DNA source for non-invasive genetic analysis in birds. *Journal of Avian Biology*, 36, 84–88

Lewontin, R. (1991). 25 years ago in genetics: Electrophoresis in the development of evolutionary genetics: milestone or millstone. *Genetics* 128: 657-662.

Lontkowski, J., Maciorowski, G. (2010). Identification of juvenile Greater Spotted Eagle, Lesser Spotted Eagle and hybrids. *Dutch Birding*, 32, 384-397.

Lõhmus, A. (1998). Suur- ja väike-konnakotka arvukusest Eestis. *Hirundo*.

<https://www.eoy.ee/hirundo/arhiiv/38/hirundo-1-1998>

Lõhmus, A., Väli, Ü. (2001). Interbreeding of the greater *Aquila clanga* and lesser spotted eagle *A. pomarina*. *Acta ornithoecol*, 4, 377-384.

Lõhmus, A., Väli, Ü. (2004). The effects of habitat quality and female size on the productivity of the lesser spotted eagle *Aquila pomarina* in the light of the alternative prey hypothesis. *Journal of Avian Biology*, 35, 455-464.

Lõhmus, A., Väli, Ü. (2005). Habitat use by the Vulnerable greater spotted eagle *Aquila clanga* interbreeding with the lesser spotted eagle *Aquila pomarina* in Estonia. *Oryx*, 39(2), 170-177.

Maciorowski, G., Mirski, P., Väli, Ü. (2015a). Hybridisation Dynamics between the Greater Spotted Eagles *Aquila clanga* and Lesser Spotted Eagles *Aquila pomarina* in the Biebrza River Valley (NE Poland). *Acta ornithologica*, 50(1), 33-41.

Maciorowski, G., Mirski, P., Kardel, I., Stelmaszczyk, M., Mirosław-Swiaćka, D., Chorman'ski, J., Okruszko, T. (2015b). Water regime as a key factor differentiating habitats of spotted eagles *Aquila clanga* and *Aquila pomarina* in Biebrza Valley (NE Poland). *Bird Study*, 62(1), 120-125.

Meyburg B.-U., Belka T., Danko S., Wójciak J., Heise G., Blohm T., Matthes H. (2005). Geschlechtsreife, Ansiedlungsentfernung, Alter und Todesursachen beim Schreiadler *Aquila pomarina*. *Limicola* 19: 153–179.

Pearce, J. M., Fields, R. L., Scribner, K. T. (1997). Nest materials as a source of genetic data for avian ecological studies. *Journal of Field Ornithology*, 68, 471–481.

Randi, E., Lucchini, V. (2002). Detecting rare introgression of domestic dog genes into wild wolf (*Canis lupus*) populations by Bayesian admixture analyses of microsatellite variation. *Conserv. Genet.* 3: 3145.

Randler, C. (2002). Avian hybridization, mixed pairing and female choice. *Anim. Behav.* 63: 103–119.

RStudio Team. (2016). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA.

<https://www.rstudio.com/>

Rudnick, J. A., Katzner, T. E., Bragin, E. A., Rhodes, O. E., DeWoody, J. A. (2005). Using naturally shed feathers for individual identification, genetic parentage analyses, and population

monitoring in an endangered Eastern imperial eagle (*Aquila heliaca*) population from Kazakhstan. *Molecular Ecology*, 14(10), 2959-2967.

Rudnick, J. A., Katzner, T. E., Bragin, E. A., DeWoody, J. A. (2007). Species identification of birds through genetic analysis of naturally shed feathers. *Molecular Ecology Resources*, 7(5), 757-762.

Segelbacher, G. (2002). Noninvasive genetic analysis in birds: testing reliability of feather samples. *Molecular Ecology Notes*, 2, 367–369.

Taberlet, P., Luikart, G. (2008). Non-invasive genetic sampling and individual identification *Biological Journal of the Linnean Society*, Volume 68, Issue 1-2, 1 September 1999, Pages 41–55.

Väli, Ü. (2003). Väike-konnakotkas ja tema kaitse Eestis. *Hirundo Supplementum* 6. lk 4

Väli, Ü. (2004). The greater spotted eagle *Aquila clanga* and the lesser spotted eagle *A. pomarina*: taxonomy, phylogeography and ecology. Tartu 2004.

<http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/1293/Vali.pdf>

Väli, Ü. (2010). Successful breeding of a ten-year-old hybrid spotted eagle *Aquila clanga* × *A. pomarina* retaining immature plumage characters. *Ardea* 98: 235–241.

Väli, Ü. (2011). Numbers and hybridization of spotted eagles in Estonia as revealed by country-wide field observations and genetic analysis. *Est. J. Ecol*, 60, 143-154.

Väli, Ü. (2015). Monitoring of spotted eagles in Estonia in 1994–2014: Stability of the lesser spotted eagle (*Aquila pomarina*) and decline of the greater spotted eagle (*A. clanga*). *Slovak Raptor Journal*, 9(1), 55-64.

Väli, Ü & Lõhmus, A. (2000). Suur-konnakotkas ja tema kaitse Eestis. *Hirundo Supplementum* 3. lk 6

Väli, Ü., Lõhmus, A. (2004). Nestling characteristics and identification of the lesser spotted eagle *Aquila pomarina*, greater spotted eagle *A. clanga*, and their hybrids. *Journal of Ornithology*, 145(3), 256-263.

Väli, Ü., Dombrovski, V., Treinys, R., Bergmanis, U., Daroczi, S. J., Dravecky, M., Ivanovski, V., Lontkowski, J., Maciorowski, G., Meyburg, B. U., Mizera, T., Zeitz, R., Ellegren, H. (2010a). Widespread hybridization between the Greater spotted eagle *Aquila clanga* and the Lesser spotted eagle *Aquila pomarina* (Aves: Accipitriformes) in Europe. *Biological Journal of the Linnean Society* 100, no. 3 (2010): 725-736.

Väli, Ü., Saag, P., Dombrovski, V., Meyburg, B. U., Maciorowski, G., Mizera, T., Treinys, R., Fagerberg, S. (2010b). Microsatellites and single nucleotide polymorphisms in avian hybrid identification: a comparative case study. *Journal of Avian Biology*, *41*(1), 34-49.

Wirtz, P. (1999). Mother species–father species: unidirectional hybridization in animals with female choice. *Animal Behaviour* 58: 1–12.

SUMMARY

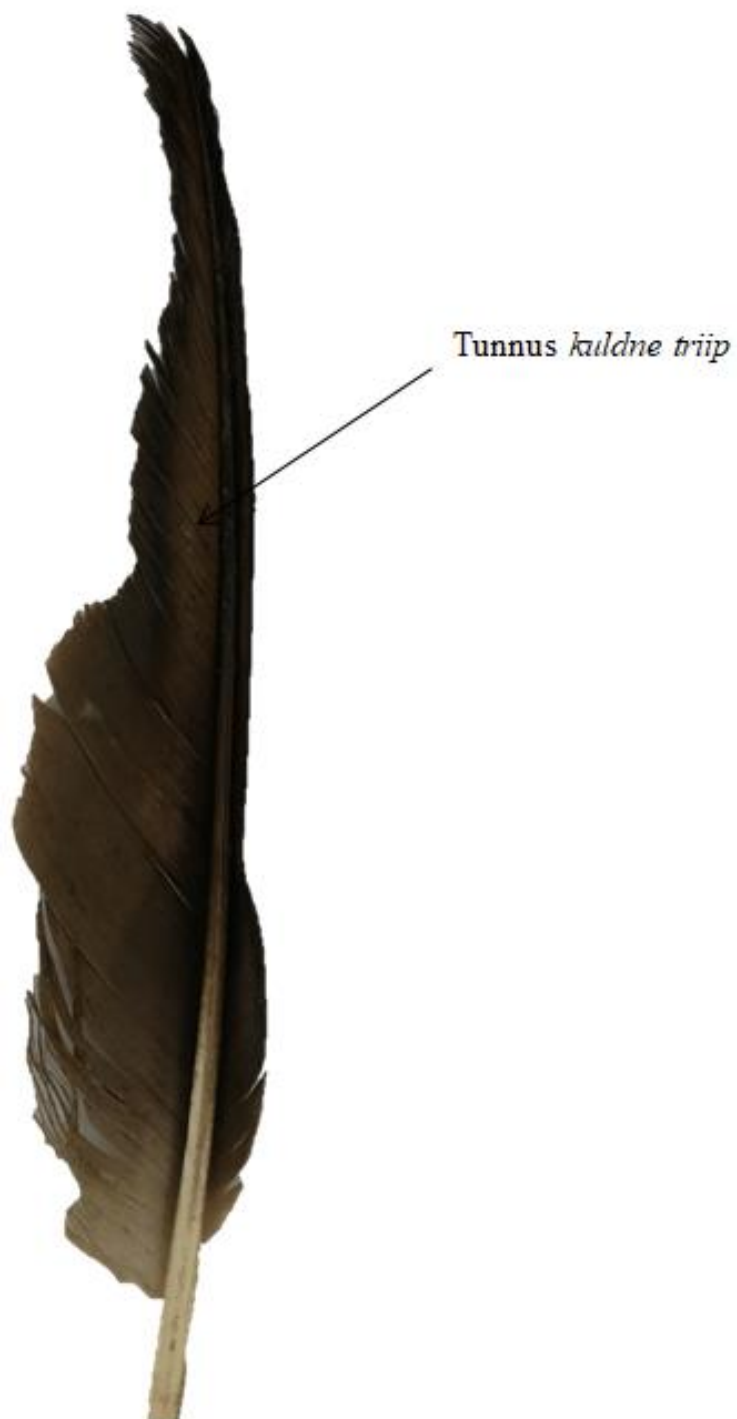
The purpose of this bachelor's thesis was to find potential solutions to distinguish between the two spotted eagle species and their hybrids by analysing their feather morphology.

Seven morphological features were examined. Features *difference in length* and *number of bars on feather* showed notable differences between the two spotted eagle species and their hybrids. Smaller differences were found in features *golden stripe*, *thin/light edge* and *length of inner emargination angle*. *Tone of the inner web* showed the least potential of the seven features. *Edged tip*, which was predominant in Lesser Spotted Eagles feathers, requires a increase in feather sample selection to verify its potential as a distinguishing feature. Feathers from hybrids were either similar to one parent species or had intermediate features, which has also been observed before in bird plumage and proportion studies. No features with high potential were found to distinguish hybrids, but the most noticeable differences were seen in the feature *number of bars on feather*. The results from the complex analysis of feather features showed that the most accurately distinguishable were Lesser Spotted Eagles, which was likely contributed to the abundance of Lesser Spotted Eagle feathers and the shortage of Greater Spotted Eagle and hybrid feathers.

The aim of finding potential solutions to distinguish between the two spotted eagle species and their hybrids were achieved. Majority of the studied features showed potential of being a distinguishing feature, with some having high and others lower potential. The feather selection of this thesis was quite limited in the case of Greater Spotted Eagle and hybrid feathers, hence the potential features that were examined in this thesis need to be further studied by increasing the sample size.

LISAD

Lisa 1. Tunnuse kuldne triip asukoht sulel



Lisa 2. Tunnuste *siselabavöötide arv*, *hõre/hele äär* ja *terav tipp* asukohad sulel.



Lisa 3. Tunnuste *saki pikkus* ja *sisemise sulelaba toon* asukohad sulel



Mina, Freddy Rohtla,
(sünnipäev (15/08/1996)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

Liikide ja hübriidide eristamine Eesti konnakotkapopulatsioonis sulgede morfoloogia põhjal,
mille juhendaja on Ülo Väli,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks pärast tähtajalise piirangu
lõppemist

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu, 21.05.2018

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

| | |
|------------------------------------|------------------|
| _____ | _____ |
| <i>(juhendaja nimi ja allkiri)</i> | <i>(kuupäev)</i> |

| | |
|------------------------------------|------------------|
| _____ | _____ |
| <i>(juhendaja nimi ja allkiri)</i> | <i>(kuupäev)</i> |